

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Tehnoloogiainstituut

Heikki Saul

Elektrooniline õppetöös osalemise registreerimise süsteem

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Arvutitehnika erialal

Juhendaja:
vanemteadur Heiki Kasemägi

Tartu 2017

Resümee/Abstract

Elektrooniline õppetöös osalemise registreerimise süsteem

Auditoorses õppetöös osalemise registreerimine on tihti õppeainete korralduses oluline. Paljusk toimub selline registreerimine paberkandjal nimekirjadega, mille hilisem elektroonilisse süsteemi sisse kandmine tõstab õppejõudude ja assistentide töökoormust ning sisestusvigade tekkimise võimalust.

Antud töö eesmärgiks oli luua õppetöös osalemise elektroonilist registreerimist võimaldav lahendus, mis lihtsustaks õppejõudude töökorraldust. Töö käigus peeti oluliseks potentsiaalsetel kasutajatel juba olemas olevate kiip- ja kontaktivabade kaartide kasutamist.

Töö käigus valmis kaasaskantav registraatorseadme prototüüp ning seda toetav andmebaas ja veebiliides.

CERCS: T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia; T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering;

Märksõnad: arvutid, automatiseerimine, osalus, RFID, kiipkaart

Electronic student attendance registration system

Taking student attendance is often important in how courses are organised in universities. Often, this is done on paper and later typed into an electronic system. This tends to increase the workload of lecturers and assistants and the chance of making typos.

The purpose of this thesis was to create a system for electronically registering student attendance with smart and contactless cards that potential users might already own.

As a result of this thesis, a prototype of a portable student attendance registration device was built, together with a supporting database solution and web interface.

CERCS: T120 Systems engineering, computer technology; T125 Automation, robotics, control engineering;

Keywords: computers, automation, attendance, RFID, smart card

Sisukord

Resümee/Abstract.....	2
Jooniste loetelu.....	5
Tähised, lühendid ja definitsioonid.....	6
1. Sissejuhatus	8
1.1. Teema tutvustus	8
1.2. Töö eesmärk	8
2. Valdkonna ülevaade.....	9
2.1. Turul olevad lahendused.....	10
2.1.1. FasTrak.....	10
2.1.2. Jolly Technologies Inc lahendused/tooted	10
2.1.3. MyAttendanceTracker.....	10
2.1.4. Hiina tootjate kaasaskantavad lahendused	11
3. Nõuded loodavale lahendusele	12
4. Registreerimissüsteemi ülevaade	13
4.1. Riistvara.....	13
4.1.1. Raspberry Pi 3 Model B	13
4.1.2. Omnikey® 1021 kiipkaardiluger.....	14
4.1.3. Chafon CF-RS105 RFID luger.....	14
4.1.4. Waveshare 3,5-tolline RPi LCD (A) puutetundlik ekraan	14
4.1.5. MiniWalker PB-5600 akupank.....	15
4.1.6. Seadme korpus	15
4.2. Tarkvara.....	17
4.2.1. Seadme tarkvara	17
4.2.2. Andmebaasi tarkvara.....	21

4.2.3. Veebiliides.....	23
4.3. Registreerimiseks kasutatavate kaartide valik	24
5. Testimine ja tulemused.....	25
5.1. Testimisplaan.....	25
5.2. Testide ülesehitus	25
5.3. Testimise tulemused	26
5.4. Tulemuste analüüs ja järeldused	27
Kokkuvõte	28
Tänuavaldused.....	29
Viited	30
Lihtlitsents.....	33
Lisa 1. Testitud kaartide võrdlustabel.....	34
Lisa 2. Kontaktivabade kaartide lugerite võrdlus.....	35
Lisa 3. Registraatorseadme omahind ja alternatiivid.....	36

Jooniste loetelu

Joonis 1. Registraatorseade korpuses, pealt vaade	16
Joonis 2. Registraatorseade, alt vaade	16
Joonis 3. Lahenduse tarkvara plokkskeem	17
Joonis 4. PyMySQL andmesisestuse koodinäidis	19
Joonis 5. Graafilise kasutajaliidese vaated	20
Joonis 6. Andmebaasi tabelite relatsiooniskeem	21
Joonis 7. Veebiliides.	23

Tähised, lühendid ja definitsioonid

USB (*Universal Serial Bus*) – universaalne järjestiksin [1].

WiFi – ühine kaubamärk IEEE 802.11 standardile vastavate raadikohtvõrgu tehnoloogiate kohta [1].

RFID (*Radio Frequency IDentification*) – raadiosagedustuvastus. Andmekogumistehnoloogia, kus tuvastusandmed salvestatakse passiivsele elektroonilisele andmekandjale, mida loetakse ühilduva raadiotransmitteri abil [1].

NFC (*Near Field Communication*) – lähiväljaside. Lühikese tööulatusega kõrgsageduslik sidelahendus, mille üks pool võib olla ilma tooteta kiipkaart [1]. Kuulub RFID tehnoloogiate hulka.

LCD (*Liquid Crystal Display*) – vedelkristallekraan.

GPIO (*General-Purpose Input/Output*) – üldotstarbeline sisend-/ väljundliides, mille viiksid saab kasutaja käitusfaasis juhtida.

DC-DC muundur – seade, mis muudab alalisvoolu pinget.

Distributsioon – Linux kernelit kasutava operatsioonisüsteemi väljalaskeversioon (Ubuntu, Debian, Raspbian)

USB HID (*USB Human Interface Device*) – USB välisseadmete klass kuhu kuuluvad erinevad inimkasutajaga suhtlemiseks mõeldud seadmed (klaviatuurid, hiired, mängupuldid) [2]. Nende seadmete jaoks on suurel osal operatsioonisüsteemidest olemas vaikimisi draiverid.

Draiver – programm, mis liidestab välisseadme operatsioonisüsteemiga [1].

SQL (*Structured Query Language*) – struktuurpäringukeel. Enimlevinud päringukeel relatsioonandmebaaside haldamiseks [1].

MySQL – väga populaarne avatud lähtekoodiga relatsioonbaasihaldur, mis kasutab struktureeritud päringukeelt (SQL) [1].

SSH (*Secure Socket Shell, Secure SHell*) – turvakest, turvaline soklikest. Käsuliides ja protokoll, mis võimaldab arvutite vahelist turvalist kommunikatsiooni [1].

SSL (*Secure Sockets Layer*) – turvasoklite kiht. Infoturbe protokoll üle Interneti turvalise andmeedastuse tagamiseks [1].

TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) - edastusohje protokollistik Internetiprotokolli peal. Põhiline Internetiliikluse sideprotokollistik. Üldnimetus kogu Interneti protokollikomplekti kohta [1].

CSV (*Comma Separated Values*) – komaeraldusega väärtused. Rakendusest sõltumatu failivorming, kus kirjed on üksteisest komadega eraldatud [1].

TFT LCD (*Thin-Film Transistor LCD*) – TFT-vedelkristallekraan. TFT vedelkristallekraanides kasutatakse iga piksli või pikslirea juhtimiseks kiletehnoloogial põhinevat transistori [1]. TFT ekraanipaneelid on halvemate vaatenurkadega, kuid enamasti odavamad kui IPS paneelid.

IPS (*In-Plane Switching*) – TFT paneeli edasiarendus, mis pakub paremat värviedastust ja vaatenurki [3]. IPS paneelid on enamasti veidi kallimad kui vanematel tehnoloogiatel põhinevad vedelkristallekraanid.

ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) – Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon/Rahvusvaheline Elektrotehnika Komisjon. ISO/IEC on üldtähistus paljude tehniliste standardite kohta, mille on välja arendanud Rahvusvahelise Standardiorganisatsiooni ja Rahvusvahelise Elektrotehnika Komisjoni ühised komiteed [4].

HTML (*HyperText Markup Language*) – hüperteksti-märgistuskeel. Levinud tekstivorming veebidokumentide ja -lehtede loomiseks [1].

PHP – platvormist sõltumatu skriptimiskeel, mida kasutatakse HTMLiga koos veebirakenduste programmeerimiseks [1].

CSS (*Cascading Style Sheets*) – kaskaadlaadistik. Veebilehtede kasutajatele ja valmistajatele mõeldud laadistik, mille laadilehed kirjeldavad, kuidas HTML dokumente kuvaril kujutada [1].

EVS – Eesti Vabariigi standard. Tähis Eesti standardite kohta. Kasutusel ka Eesti Standardikeskuse kui organisatsiooni nime lühendina [5].

1. Sissejuhatus

1.1. Teema tutvustus

Auditoorses õppetöös osalemise täpne registreerimine on oluline, kuna õppejõud arvestavad sageli osalusprotsenti aines saadava hinde kujundamisel või eksamile pääsemise õiguse määramisel. Samuti saab kogutud osalusandmete abil koostada õppetöö kvaliteedi tõstmiseks vajalikku statistikat.

Tihti toimub õppetöös osalemise registreerimine ainult paberil või kasutatakse paberkandjat vaheastmena enne digitaalsel kujul hoiustamist. See võib aga suurendada õppejõudude töökoormust ja vigade tekkimise võimalust andmete töötlemisel. Lisaks on paberil andmete analüüsimine aeglane, kuivõrd puuduvad automatiseeritud võimalused kogutud andmete töötlemise lihtsustamiseks. Samuti on aeglane ja veaaltis paberkandjal olevate andmete konverteerimine digitaalseteks [6].

Lahenduseks ülal mainitud probleemile oleks süsteem, mis võimaldab auditoorses õppetöös osalemist registreerida elektrooniliselt, lihtsustades seeläbi õppejõudude töökorraldust.

1.2. Töö eesmärk

Töö eesmärk on luua elektroonilise õppetöös osalemise registreerimissüsteemi prototüüp. Lahendus koosneb kaasaskantavast registreerimisseadmest, andmebaasist ning kogutud andmete töötlemist võimaldavast veebiliidesest.

Registreerimisseade ehk registraator on kaasaskantav akutoitel seade, mis peab võimaldama õppetöös osalejate kohalolu registreerimist erinevate kiipkaartidega. Registreerimiseks on võimalik kasutada Eesti ID-kaarti, elamisloakaarti või mõnda ühilduvat kontaktivaba kaarti. Registraator peab andma kasutajale tagasisidet registreerimise õnnestumise kohta ning edastama info andmebaasi jaoks vastuvõetaval kujul.

Andmebaas peab võimaldama osalusinfo ja vajalike lisaandmete hoiustamist ning päringute kaudu töötlemist.

Veebiliides peab pakkuma lihtsalt kasutatava võimaluse andmebaasi päringute saatmiseks ning vastusena saadud info töötlemiseks.

2. Valdkonna ülevaade

Tänapäeval turul olevad lahendused kasutavad paljuski statsionaarseid sissepääsude juurde paigaldatavaid seadmeid. Sellise lahenduse paigaldamine on töömahukas ja tihti võimalik ainult hoonete ehitamise või suuremate renoveerimiste ajal. Paiksete seadmete puhul tuleb täieliku katvuse saamiseks registraatoritega varustada kõikide kasutatavate ruumide kõik sissepääsud. Suurte asutuste puhul tähendab see väga suurt hulka seadmeid, mille hankimine ja hooldamine võib osutuda ülemäära kulukaks. Statsionaarseid süsteeme ei ole võimalik kasutada väljaspool vastavalt varustatud hooneid.

Alternatiiv statsionaarsetele seadmetele on kaasaskantavad seadmed. Kaasaskantavate registraatorite eeliseks on potentsiaalselt väiksem vajaminevate seadmete arv. Erinevalt statsionaarsetest seadmetest on kaasaskantavaid vaja varuda vaid niipalju, kui on üheaegselt toimuvaid loenguid või praktikume. Turul saada olevad kaasaskantavad variandid on tihti nutitelefonidel ja tahvelarvutitel põhinevad tarkvaralised lahendused. Odavamates seadmetes võivad seejuures biomeetrilised skännerid, NFC ja USB lisaseadmete tugi puududa, mis piirab õppetöös osaleja registreerimise kasutajakonto või telefoninumbri põhiste võimalustega.

Kommertslikult saada olevate süsteemide üheks puuduseks on ka tootjapoolsed eraldiseisvad tarkvarapaketid, mis ei pruugi olemasolevate IT-lahendustega ühilduda. Uute tarkvaralahenduste kasutuselevõtt võib nõuda personali koolitamist ja välja kujunenud töökorralduse olulist muutmist.

Eestis teadaolevalt sobivate valmislahenduste pakkujaid ei ole. Küll on mitmeid läbipääsusüsteemide pakkujaid, kellest vähemalt üks (Ektaco AS) pakub ka erilahenduste arendamise teenust nende pakutavale läbipääsusüsteemide riistvarale. Ektaco AS seadmevalikus on nii statsionaarseid kui kaasaskantavaid lugereid. Ektaco seadmevalik katab kõik laiemalt levinud kontaktivabade ja kontaktkaartide tehnoloogiad [7]. Autorile teadaolevalt ei ole Ektaco tootevalikus lugereid, mis kasutaks mitut erinevat identifitseerimistehnoloogiat korraga.

2.1. Turul olevad lahendused

2.1.1. FasTrak

Suurbritannia firma BioStore Ltd. pakub FasTrak nimelist sularahavaba kaubanduse ning õpilaste ja külastajate registreerimise süsteemi. Nende lahendus võimaldab kasutajatel end registreerida kiipkaartide ja biomeetrilise info abil. FasTrak kasutab oma lahendustes statsionaarseid seadmeid ning rõhutab oma lahenduste puhul statsionaarsete süsteemide eelisele – kasutajate liikumist ja asukohta on võimalik viimase registreerimise alusel jälgida. FasTrak lahendust on võimalik kasutada ka läbipääsu kontrollimise süsteemina [8].

2.1.2. Jolly Technologies Inc tooted

Jolly Technologies Inc on Ameerika Ühendriikide firma, mis pakub mitut erinevat terviklahendust ürituste korraldajatele, spordiklubidele ja õppeasutustele. Lahenduste tehnilised detailid sõltuvad kliendigrupist ja klientide personaalsetest valikutest, kuid kõik lahendused pakuvad registreeritud kasutajate ja külaliste osavõtu registreerimist ning liikumise jälgimist. Jolly Technologies Inc poolt kasutatavad seadmed on valdavalt Windows operatsioonisüsteemiga ühilduvad välisseadmed. Olenevalt lahendusest saavad kliendid kasutada kas ainult Jolly tarkvarapaketti või siduda see olemasolevate infotehnoloogiliste lahendustega [9].

2.1.3. MyAttendanceTracker

MyAttendanceTracker on algselt koolidele loodud tasuta tarkvarapakett, mis võimaldab hallata osavõtuinfot, hindeid ja õpilaste arengut. Kogutud info alusel saab automaatselt luua ülevaateid ning koostada vajalikku statistikat. Tarkvarapakett toimib täissuurusega arvutites ning veebiliidese vahendusel ka mobiilsetes seadmetes. MyAttendanceTracker on disainitud viisil, kus õpetaja registreerib õppureid ühes keskses seadmes. Selline lahendus ei toimi suuremate gruppide registreerimiseks, kuna nõuab pikalt õpetaja täit tähelepanu. Tegemist on tasuta, kuid suletud lähtekoodiga tarkvaraga [10].

2.1.4. Hiina tootjate kaasaskantavad lahendused

Suur hulk Hiinas asuvaid tootjaid pakub nii statsionaarseid kui ka kaasaskantavaid registraatoreid. Suur osa neist seadmetest on lokaalse salvestusega ning puudub andmete kaughalduse võimalus. Mitmed tootjad annavad seadmete ostjatele kaasa tugisüsteemide loomiseks vajaliku lähtekoodi ning pakuvad abi lõpplahenduste loomisel. Antud töös kirjeldatud lahendusele sarnaste Hiina tootjate seadmete hind jääb enamasti vahemikku 100 kuni 300 eurot [11-13].

3. Nõuded loodavale lahendusele

Tulenevalt töö eesmärgipüstitusest ning turul konkurentsivõimeline olemiseks peab valminud lahendus vastama järgmistele nõuetele:

- Registraatorseade peab võimaldama õppetöös osaleja osavõtu registreerimist Eesti ID-kaardi ja elamisloakaardiga ning ühilduvate NFC-kaartidega (Tallinna ja Harjumaa Ühiskaart, Tartu Bussikaart, Elroni Sõidukaart ning muud NXP MIFARE® kaardid).
- Seade peab olema korpuses, lihtsalt kaasaskantav ning akutoitel töötama vähemalt 4 tundi ja 30 minutit (kolm tavakestvusega loengut).
- Kiipkaarti või kontaktivaba kaarti kasutades ei või ühele registreerimisele kuluv aeg olla pikem kui 10 sekundit (kaardi lugemisaeg). Reaalses kasutusolukorras lisandub sellele näiteks seadme järgmisele tudengile edasi andmise ja kaardi otsimise ajakulu.
- Kõik põhilised seadistustegevused peavad olema teostatavad seadme ekraanil.
- Seade peab andma kasutajale tagasisidet registreerimise õnnestumise kohta.
- Seade peab osalusinfo edastama andmebaasi ilma infokadudeta. Registreerimise kinnituse kuvamisel kasutajale peab info osalemise kohta olema juba andmebaasi jõudnud või olema salvestatud lokaalses logis.
- Seadme töökoormus ning eralduv soojus ei või tõusta seadme töökindlusele või kasutajate mugavusele negatiivselt mõjuvale tasemele (ebamugavusi ja võimalikke seadmekahjustusi põhjustab autori hinnangul temperatuur üle 75°C, seadme töökoormus üle 50%).
- Lahendus peab pakkuma võimalust osalusandmete kuvamiseks ja töötlemiseks. Iga kasutaja kohta salvestatud andmeid peab olema võimalik töödelda ilma otse andmebaasi poole pöördumata.

4. Registreerimissüsteemi ülevaade

Töö käigus valminud lahendus koosneb kolmest suuremast funktsionaalsest komponendist:

- registraatorseade;
- relatsioonandmebaas;
- veebiliides.

Registraatorseade on kaasaskantav akutoitel seade, mida õppejõud saab kasutada registreerimissessiooni alustamiseks ning õppurid oma osaluse registreerimiseks.

Andmebaasis hoitakse lahenduse toimimiseks vajalikku ning registreerimise käigus kogutud infot.

Veebiliides võimaldab kasutajatel kogutud infot vaadata ning töödelda. Veebiliidese kaudu andmesisestust ei toimu.

4.1. Riistvara

4.1.1. Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi on ARM protsessorit kasutav väikesemõõtmeline ühest trükkplaadist koosnev arvuti. Antud töös kirjeldatud lahenduse loomiseks kasutati Raspberry Pi 3 Model B versiooni, mis on uusim täissuuruses Raspberry Pi plaat. Raspberry Pi kasuks otsustati, kuna

- sellel on piisavalt sisend-väljundpesi ja arvutusvõimsust nii praegu teostatava seadme kui ka tulevikus esineda võivate edasiarenduste jaoks;
- sellel saab kasutada laia funktsionaalsusega Linux operatsioonisüsteeme, mis võimaldavad kasutada laiemat valikut lisaseadmeid;
- sellele on saadaval suur hulk riistvaraliselt ühilduvaid lisaseadmeid [14].

Võimalikeks alternatiivideks Raspberry Pi 3 B seadmele oleks Raspberry Pi väiksem mudel, Raspberry Pi Zero W. Samuti pakuvad mitmed tootjad riistvaraliselt ühilduvaid alternatiivseid seadmeid, näiteks Orange Pi, mille erinevad mudelid pakuvad odavama hinna eest sarnast või suuremat jõudlust [14, 15].

4.1.2.Omnikey® 1021 kiipkaardiluger

Eesti isikutunnistuse (ID-kaart) ja elamisloakaardi info lugemiseks kasutatakse käesoleva töö raames HID Global Omnikey 1021 kiipkaardilugurit. Antud kiipkaardilugeri valiku tingis seadme hea ühilduvus Raspberry Pi'l kasutatava Raspian Linux operatsioonisüsteemiga. Lisaks kasutatud ID-kaardi lugerile katsetati ka Gemalto CT30 kiipkaardilugurit, mis ei ühildunud kasutatava operatsioonisüsteemiga.

Omnikey® 1021 ja selle uuem versioon Omnikey® 3021 toetavad ISO/IEC 7810 ID-1 suuruses ning ISO/IEC 7816 standardile vastava kiibiga kontakt-kiipkaartide lugemist [16].

4.1.3.Chafon CF-RS105 RFID luger

13,56 MHz töösagedusega kontaktivabade kaartide lugemiseks kasutatakse antud töös Chafon CF-RS105 lugurit. CF-RS105 võimaldab lugeda mitut tüüpi RFID kaarte, kaasa arvatud Eesti erinevates linnades kasutatavaid Mifare® tehnoloogial põhinevaid ühistranspordikaarte.

CF-RS105 väljastab kaardi seerianumbri virtuaalse klaviatuuri klahvivajutuste jadana, ühildudes seega iga operatsioonisüsteemiga, mis toetab USB HID seadmeklassi kuuluvaid välisseadmeid.

CF-RS105 väljundiformaati on võimalik muuta, kasutades seadmega kaasa tulevat Windows operatsioonisüsteemi rakendust [17].

4.1.4.Waveshare 3,5-tolline RPi LCD (A) puutetundlik ekraan

Registraatorseadme ja kasutajate vaheline suhtlus toimub 3,5-tollise puutetundliku LCD ekraani vahendusel. Ekraanile kuvatakse seadme haldusliides, mida saab puutetundlikkuse abil kasutada. Samuti kuvatakse ekraanile tagasiside eduka registreerimise kohta.

Waveshare 3,5-tolline RPi LCD (A) ekraan on spetsiaalselt disainitud Raspberry Pi seadmetega riistvaraliselt ja tarkvaraliselt ühilduma. Ekraan kasutab toite saamiseks ning puutetundlikkuse ja kuvainfo edastamiseks Raspberry Pi GPIO liidese viike 1...26. GPIO viikude kasutamine jätab vabaks HDMI ja USB ühendused, mida on võimalik kasutada registraatorseadme edasiarenduste jaoks. RPi LCD (A) mudel kasutab TFT ekraanitehnoloogiat. Waveshare pakub ka riistvaraliselt ühilduvat RPi LCD (B) mudelit, mille eeliseks on laiema vaatenurgaga IPS ekraanipaneel, kuid mis on ligikaudu 10% kallim [18].

Valitud ekraani suurus on kaasaskantava seadme jaoks sobilik ning lahutusvõime säilitab hea tasakaalu kasutusmugavuse ja voolutarbe vahel. RPi LCD (A) ekraan vastab peatükis 3 püstitatud nõuetele ning osutus RPi LCD (B) mudeli ees valituks soodsama hinna tõttu.

4.1.5. MiniWalker PB-5600 akupank

Registreerimisseadme kaasaskantavuse tagamiseks saab see toite USB akupangalt. Selline akupank sisaldab DC-DC muundurit, mis tagab väljundisse stabiilse viievoldise pinge ning piiratud voolutugevuse. Reguleeritud väljund tagab ühendatud seamete tõrgeteta töö ning aitab vältida pingekõikumistest või liigsest voolutarbimisest põhjustatud kahjustusi.

Antud akupanga valikul oli määravaks tema suurus ja kättesaadavus. MiniWalker PB-5600 akupanga välismõõtmed on sarnased kasutatava Raspberry Pi omadele, mistõttu saab kogu seadme korpuse disainida kompaktsemana [19].

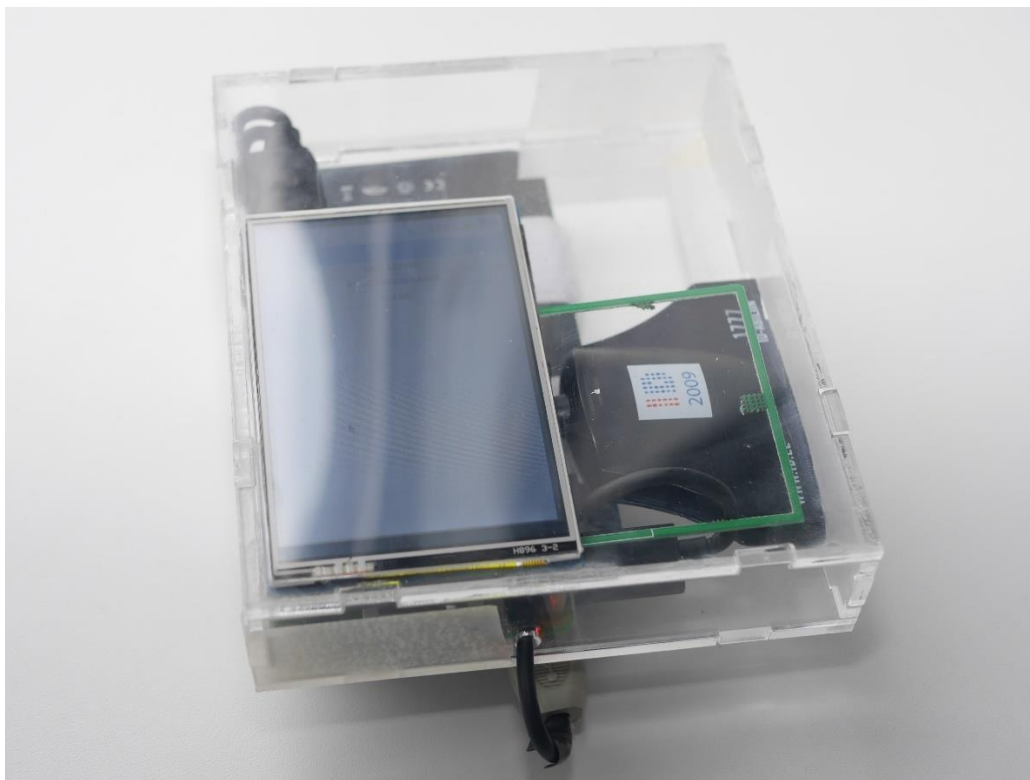
Kompaktsete mõõtmete juures on akupanga mahutavus 5600 mAh, mis võimaldab registraatorit kasutada ligikaudu 5 tundi [19].

4.1.6. Seadme korpus

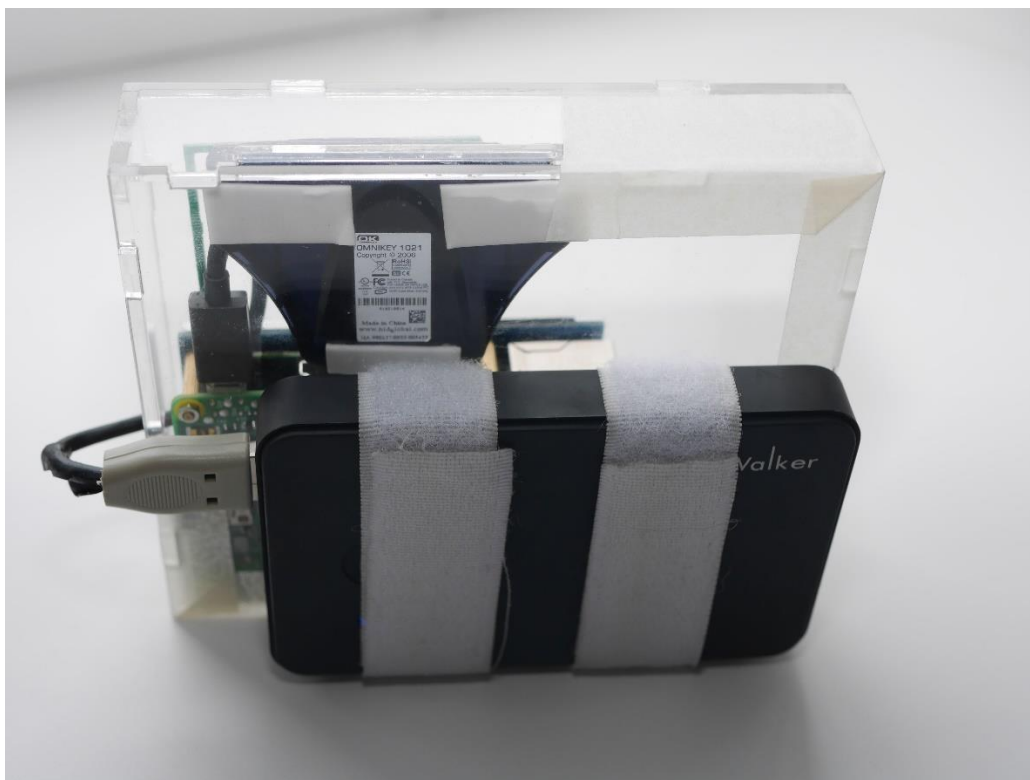
Registraatorseadme prototüübi korpus on valmistatud laserlõigatud pleksiklaasist. Pleksiklaasist korpuse valmistamine sobib prototüüplahendusele, kuna sellise korpuse disainimine ja valmistamine on lihtsamad kui 3D-prinditud korpuste puhul. Samas võimaldab laserlõikuse kasutamine väga suurt lõigete täpsust.

Prototüüpseadme korpus koosneb kuuest paneelist ning sellel on sobivates kohtades väljalõiked puutekraani, kiipkaardi ning toitejuhtme jaoks. Samuti on korpusesse lõigatud avad aku kinnitamiseks vajalike takjapaelte jaoks ning õhutusavad töötava seadme ülekuumenemise vältimiseks.

Joonistel 1 ja 2 on näha registraatorseadme prototüübi kujundus. Pealtvaates on näha puutekraan, kontaktivabade kaartide lugeri antenn ning kiipkaardiluger. Altvaates on näha akupank, toitejuhe, akupanga kinnitus, kiipkaardiluger ning osa registraatorseadme arvutist.



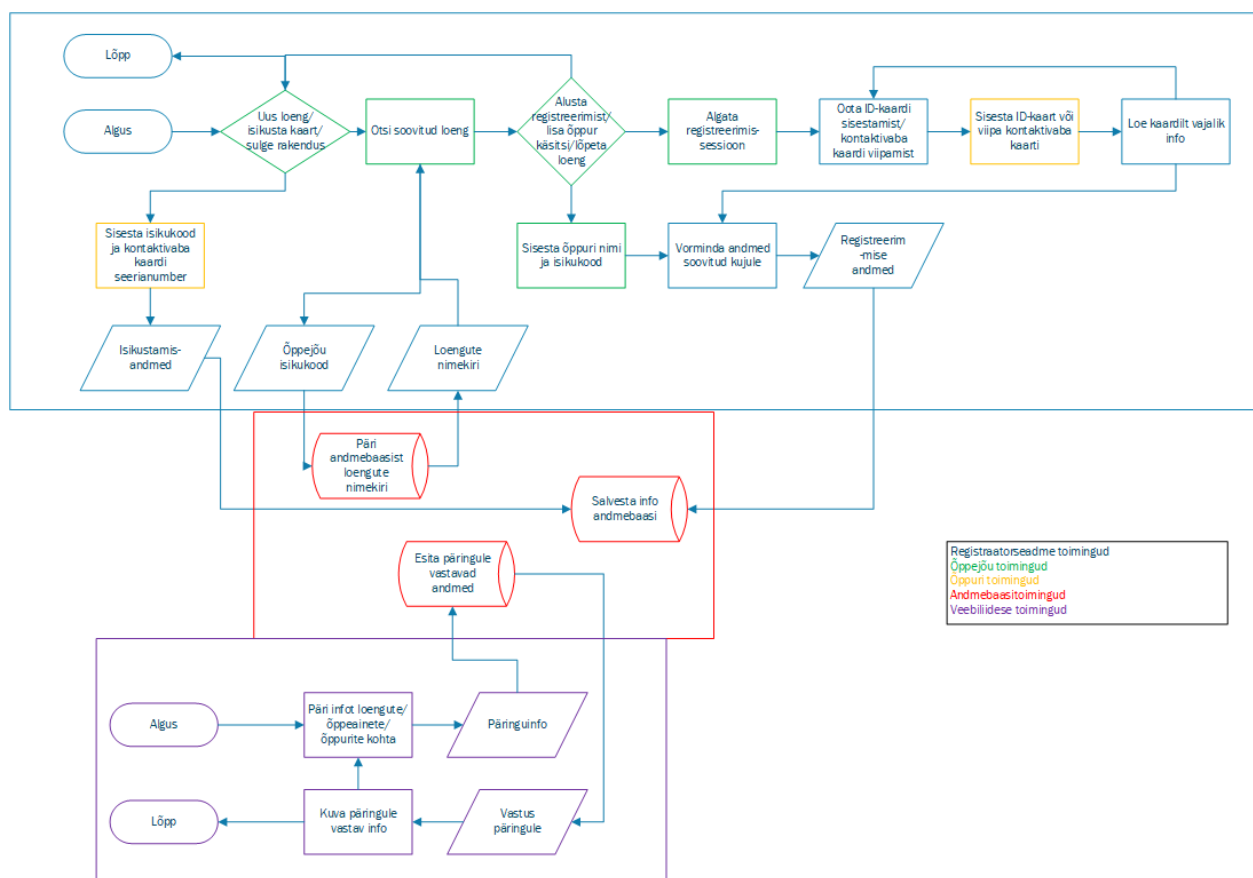
Joonis 1. Registraatorseade korpuses, pealtvaade (enne püsivat kinnitamist)



Joonis 2. Registraatorseade, altvaade

4.2. Tarkvara

Tarkvara jaotub peatükk 4 alguses mainitud kolme funktsionaalse osa (registraatorseade, relatsioonandmebaas, veebiliides) vahel. Registraatorseadme tarkvara (joonisel 3 tähistatud sinisega) tegeleb kasutaja poolt sisestatava info töötlemisega, lokaalse salvestamise ja andmebaasi edastamisega. Andmebaasitarkvara (joonisel 3 märgitud punasega) tegeleb andmete hoiustamisega. Veebiliidese tarkvara (joonisel 3 kujutatud lillaga) tegeleb andmebaasis olevate andmete kuvatavaks muutmise ja eksportimisega.



Joonis 3. Lahenduse tarkvara plokkskeem

4.2.1. Seadme tarkvara

Registraatori põhikomponent, Raspberry Pi 3 Model B, kasutab Raspbian Jessie Linuxi distributsiooni, mis on kasutatavale riistvaraarhitektuurile optimeeritud versioon Debian Linux distributsioonist.

Registraatori haldustarkvara on kirjutatud Python programmeerimiskeeles ning on testitud Pythoni versioonidega 3.4.2, 3.5.3 ja 3.6.1. Versioonide vaheliste süntaktiliste erinevuste tõttu ei ühildu tarkvara Python 2.x versioonidega. Kasutatava operatsioonisüsteemiga on eelpaigaldatud Python 3.4.2.

4.2.1.1. Kaardiinfo lugemine

Kiipkaardilt andmete lugemiseks kasutatakse OpenSC tarkvarapaketti kuuluvat *eidenv* rakendust. *Eidenv* rakendus võimaldab ühilduvatelt kiipkaartidelt (Eesti isikutunnistus, Eesti elamisloakaart, Belgia isikutunnistus) lugeda kaardivaldaja põhiinfot. *Eidenv* rakendus loeb kaardikiibilt välja sama info, mis on kaardile ka trükitud [20, 21].

Kasutatava kontaktivabade kaartide lugeri eripära on väljundi andmine virtuaalse klaviatuuri klahvivajutuste jadana. Kaardilugeri väljundi salvestamiseks kasutatakse *pyxhook* teeki, mille abil saab klahvivajutuste toimumise fakti ja klahvi väärtuse kinni püüda. *pyxhook* on Linux operatsioonisüsteemidega ühilduv versioon varasemast Windows operatsioonisüsteeme toetavast *pyHook* teegist. Teek põhineb osaliselt *pykeylogger* rakenduse koodil ning on avatud lähtekoodiga [20].

Kiipkaardilt ja kontaktivabalt kaardilt info lugemine toimub paralleelsetes alamprotsessides. See vähendab lugemisrežiimide vahel lülitumisest tekkida võivaid viivitusi ning kasutab paremini ära Raspberry Pi 3 B neljatuumalise protsessori võimalusi. Alamprotsesside loomiseks kasutatakse Pythoni sisseehitatud *multiprocessing* teeki.

4.2.1.2. Andmete esmane töötlus ja lokaalne salvestamine

Kummagi kaarditüübi lugemisprotsessist saadud info esmane töötlus toimub vastavas alamprotsessis. Esmalt kontrollitakse loetud sisendi terviklikkust. Vigast sisendit ei salvestata ning kasutajale ei anta õnnestunud registreerimise teavitust. Loetud infole lisatakse kasutatud kaarditüübi tähis ning registreerimise ajatempel. Seejärel vormindatakse info andmebaasi edastatavale kujule.

4.2.1.3. Andmete edastamine andmebaasi

Registreerimisandmete andmete edastamine andmebaasi toimub *pyMySQL*-teegi tööriistade abil. Selles teegis olevate vahenditega saab luua ühenduse *MySQL*-andmebaasiga ning saata SQL-käsked ja -päringuid [21]. Joonisel 4 on kujutatud näidissisestus andmebaasi `LECTURE_VISIT` tabelisse.

```

conn = pymysql.connect(host='127.0.0.1', port=9990, user='admin',
                        passwd='ouufysyyehf', db='naidisbaas') # loob näidisbaasiga ühenduse
cur = conn.cursor() # tekitab ühendusele käsukursori

cur.execute("INSERT INTO LECTURE_VISIT (ID_CODE, LECTURE_ID, REG_TIMESTAMP)"
"VALUES (51705170123, 3, '2017-05-13 16:32:15')") # määrab käsukursoriga edastatava käsu

conn.commit() # saadab käsu andmebaasi

cur.close() # sulgeb kursori
conn.close() # sulgeb ühenduse

```

Joonis 4. PyMySQL andmesisestuse koodinäidis

Ühendus välismasinas asuva MySQL-serveriga toimub üle TCP/IP protokoll, läbi SSH-tunneli. SSH-tunneli kasutamine tagab edastatavate isikuandmete turvalisuse ning aitab vältida potentsiaalseid ründeid andmebaasi vastu. SSH-tunneli loomine ja haldamine toimub *Pythoni* *sshtunnel*-teegi vahenditega.

4.2.1.4. Graafiline kasutajaliides

Registraator suhtleb kasutajatega graafilise kasutajaliidese vahendusel. Kasutajaliidese põhifunktsiooniks on lasta õppejõul algetada uus registreerimissessioon ning anda õppuritele tagasisidet eduka registreerimise kohta. Lisaks sellele võimaldab kasutajaliides kontaktivabu kaarte isikustada ning õppureid käsitsi registreerida.

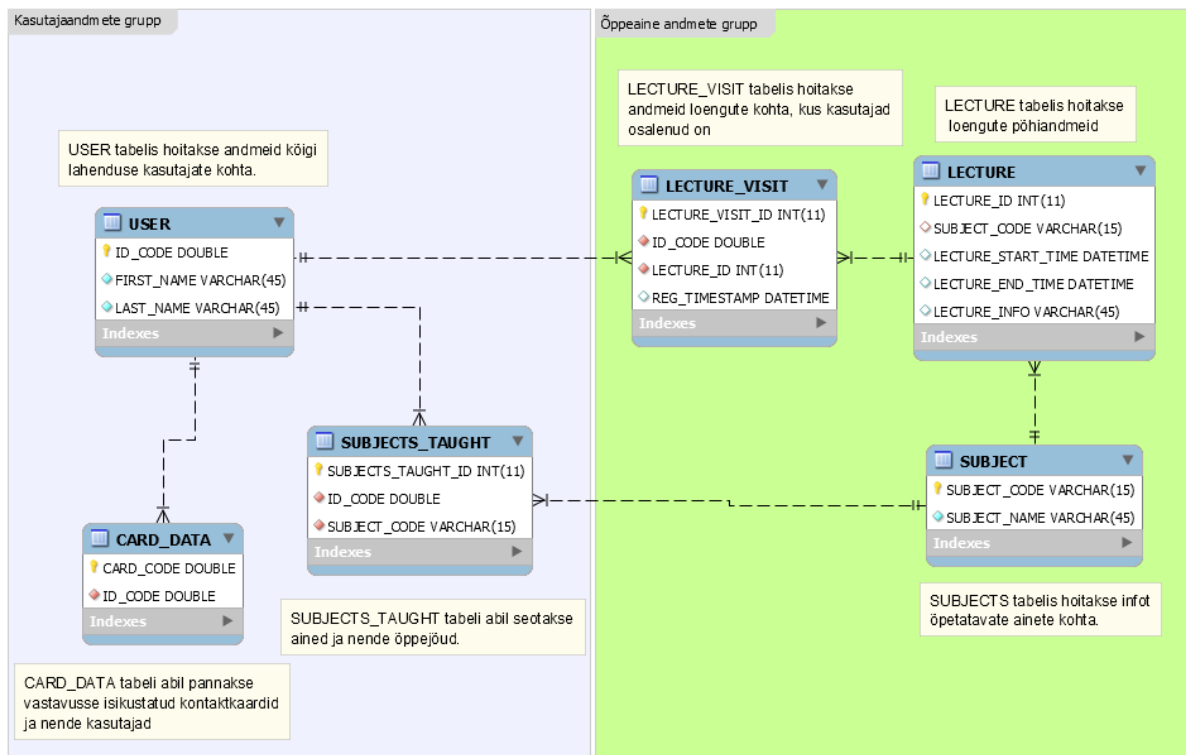
Uute sessioonide algetamine ning registreerimisvaatest haldusvaatesse lülitumine nõuavad õppejõu isikutunnistuse kasutamist, mis vähendab õppurite poolse pahatahtliku valeinfo sisestamise võimalust.

Registreerimiseks sobiva kaardi puudumisel on õppejõul võimalus õppureid nime ja isikukoodi alusel käsitsi registreerida. Sisestuse aegluse tõttu ei ole see eelistatud registreerimise meetod. Graafilise kasutajaliidese põhivaadete kujundus on näha joonisel 5.

Arenduse käigus testiti veel *florence* ja *matchbox* virtuaalklaviatuure, kuid mõlemad välistati stabiilsusvigade ja puudulike seadistusvõimaluste tõttu.

4.2.2. Andmebaasi tarkvara

Osalise registreerimiseks vajalikke ning selle käigus kogutud andmeid hoitakse välisseadmes asuvas *MySQL*-andmebaasis. Andmebaasi tabelid, nende vahelised seosed ning funktsionaalne jaotus on välja toodud joonisel 6.



Joonis 6. Andmebaasi tabelite relatsiooniskeem

Andmebaasi tabelid jagunevad kahte gruppi:

- Kasutajaandmete grupp (tabelid USER, CARD_DATA, SUBJECTS_TAUGHT)
 - USER tabelis on kirjed kõikide lahenduse kasutajate, nii õpilaste kui õppejõudude kohta. Isikukoodi kasutamine tagab kõikide kasutajate unikaalsuse ka ühesuguste nimede korral.
 - CARD_DATA tabelis sisaldub info iga kasutaja poolt isikustatud kontaktivabade kaartide kohta. Selle tabeli abil seostatakse kontaktivaba kaardi registreerimisel konkreetse kaardi ja registreeritud kasutaja andmed.
 - SUBJECTS_TAUGHT tabeli kirjed määravad, millised USER tabelis kirjeldatud kasutajad on SUBJECT tabelis kirjeldatud õppeainete õppejõud.
- Õppeaine andmete grupp (tabelid LECTURE_VISIT, LECTURE, SUBJECT)
 - LECTURE_VISIT tabelisse kantakse registraatorist edastatavad kirjed õppetöös osalemise kohta iga konkreetse loengu/praktikumi kohta.
 - LECTURE tabel sisaldab infot kõikide toimuvate loengute, seminaride ja praktikumide kohta.
 - SUBJECT tabelis hoitakse infot õppeainete koodide ja nimede kohta.

Eeldatavalt on kõige populaarsemad päringud loengus osalenud tudengite kuvamine ning ühe tudengi kõikide osalemiste kuvamine, seega on andmebaas disainitud nende päringute kiireks teenindamiseks. Selle huvides on tabelite vahelised seosed lihtsad ning nende päringute puhul tabelite vahelisi ristpäringuid vähe.

Veebiliidesest tulevate päringute töötlemine käib eelprogrammeeritud protseduuride abil, mis koondavad vajaliku info veebiliideses kuvamiseks sobivale kujule.

Andmebaas kasutab *MySQL*-raamistiku versiooni 5.5.55

4.2.3. Veebiliides

Kogutud osalusandmete kuvamine ja edasine töötlemine toimub veebiliidese kaudu. Prototüüplahenduse veebiliidese kaudu saab esitada päringuid iga õppuri kõigi osalemiste, iga loengu kõigi osalejate, iga aine kõigi loengute ning iga õppejõu kõigi loengute kohta. Joonisel 7 on kujutatud veebiliidese avaleht ning juhugenereeritud andmetega vastus loengus osalejate nimekirja päringule.

Loengus osalejad

Aine loengud

Kasutaja osalemised loengutes

Kasutaja loetavad loengud

ID:

Kuva vastused

Eksporti .csv failina

Esita

LOTI.99.999 : Veebiliidese näidisväljund

Perekonnanimi	Eesnimi	Isikukood
Georg	Triinu	44739021046
Jaakob	Liisa	21232829341
Kadakas	Artur	97557564124
Karikakar	Lovise	48512772749
Kask	Oliver	37019515329
Kullerkupp	Liis	35722028904
Kuusk	Aleksandra	20765292733
Mänd	Kristjan	77694540232
Paju	Margit	34885963483
Tamm	Eduard	88409164025

Joonis 7. Veebiliides. (a) avaleht, (b) loengus osalejate nimekirja näidisväljund

Veebiliides kuvab päringu tulemused tabelina ning võimaldab tulemusi ka CSV failina eksportida. Eksportimine võimaldab andmeid ilma olulise lisatöötlemiseta kanda erinevatesse tabelarvutusprogrammidesse ning välistesse andmebaasidesse.

Veebiliidese kasutajapoolne osa loodud HTML skriptimiskeeles, disain on struktureeritud CSS abil. Serveri poolne päringuid töötlev osa on loodud PHP programmeerimiskeeles.

4.3. Registreerimiseks kasutatavate kaartide valik

Registraatorit kasutades on oma osalust loengust/praktikumist võimalik registreerida mitmete erinevate kaartidega. Kontaktkaartidest saab kasutada Eesti ID-kaarti ning elamisloakaarti. Kontaktivabadest kaartidest on võimalik kasutada laia valikut 13,56 MHz töösagedusega kaarte s.h erinevaid Eestis kasutusel olevaid ühistranspordikaarte. Kaardid peavad vastama ISO/IEC 14443A või sellel põhinevale NFC forum Type 2 (NTAG 2xx) standardile [17].

Eelpool loetletutest on Eesti ID-kaart kohustuslik igale Eestis elavale vähemalt 15 aasta vanusele Eesti või Euroopa Liidu kodanikule [24]. Sarnaselt on elamisloakaart kohustuslik igale Eestis elamisloa alusel elavale vähemalt 15 aasta vanusele kolmanda riigi (Euroopa Liidu välise riigi) kodanikule [24]. Seega on Eesti ID-kaardi või elamisloakaardi omanikeks valdav osa antud töö raames kirjeldatud kasutajatest, mistõttu on nimetatud kaarte sobilik registreerimisel nõuda pea kõigilt õppuritelt ja õpetajatelt. Ülejäänud juhtudel (nt ajutiste reisijate puhul) on võimalik kasutada käsitsi registreerimist.

Ka kontaktivabade kaartide juures oli põhiliseks valiku aluseks võimalikult laialdane levik, enim on kasutusel 125 kHz ja 13,56 MHz töösageduse kaardid. 125 kHz kaardid on kasutusel paljude läbipääsusüsteemide juures. 13,56 MHz kaarte kasutatakse kontaktivabade elektrooniliste ühistranspordipiletitena ja viipemaksete tegemiseks. Käesoleva töö raames valiti prototüübile 13,56 MHz töösagedusega RFID-luger. See võimaldab õppetöös osalemist registreerida erinevates Eesti linnades kasutatavate ühistranspordikaartidega.

125 kHz töösagedusega kaardid kasutavad mitut erinevat sideprotokolli, mis pole alati üksteisega ühilduvad. Eestis on levinud HID Global Indala® protokolliga kasutatavad kaardid, millega ühilduvad lugerid on turul tihti palju kallimad kui avatud EM4100 protokolliga ühilduvad lugerid (Lisa 2). HID Global Indala® seadmeid ja kaarte kasutatakse ka Tartu Ülikoolis läbipääsusüsteemide juures ning töötõenditena.

Eestis levinud kaartidest on antud töö raames testitud ning sobivad kasutamiseks Tallinna ja Harjumaa Ühiskaart, Tartu bussikaart ning Elroni sõidukaart. Levinud kaartidest ei osutunud sobivaks Tartu Ülikooli töötõendid ja läbipääsukaardid, mis töötavad 125 kHz sagedusel ning Swedbank ISIC pangakaardid, millel lisatud turvameetmed takistavad kasutataval lugeril kaardi seerianumbrit lugeda. Täpsem võrdlus testitud kaartide kohta on toodud lisa 1.

5. Testimine ja tulemused

5.1. Testimisplaan

Töö käigus loodud lahenduse vastavust püstitatud nõuetele kontrollitakse erinevate testidega. Testimise eesmärk on veenduda kõigi lahenduse komponentide sobivuses reaalseks kasutamiseks ning sisaldab jõudlusteste, veaolukordade testimist ning kasutatavuse testimist.

1. Jõudlustestid:

- 1.1. Voolutarbe testimine teoreetilise koormusmaksimumi juures;
- 1.2. Registreerimiste hulga testimine teoreetilise koormusmaksimumi juures;
- 1.3. Ressursihalduse testimine teoreetilise koormusmaksimumi juures;
- 1.4. Katastroofiliste vigade hulk koormustesti ajal;
- 1.5. Registraatorseadme protsessori temperatuurimuutuste mõõtmise koormustesti ajal.

2. Vigade testimine:

- 2.1. Vigase sisendi andmine õpilase käsitsi registreerimisel;
- 2.2. Vigase sisendi andmine kontaktivaba kaardi isikustamisel.

3. Kasutatavuse testid:

- 3.1. Registreerimisele kuluva aja testimine erinevates loengutes ja praktikumides;
- 3.2. WiFi ühenduse kvaliteedi testimine erinevates klassiruumides.

5.2. Testide ülesehitus

Jõudlustestid viidi autori poolt läbi 15.05.2017. Koormustesti käigus hoiti registreerimiseks kasutatavat ID-kaarti püsivalt seadmes. Samuti oli aktiivne seadme traadita Internetiühendus ning sisse lülitatud puuteekraan. Testi kestvuseks oli 5 tundi 37 minutit 40 sekundit, mis oli seadme tööaeg MiniWalker PB-5600 akupangaga.

Sisendivigade test viidi läbi 16.05.2017. Testi käigus testiti vigase sisendi andmist kahe kasutajasisendit nõudva tegevuse – kontaktivaba kaardi isikustamise ja õppuri käsitsi registreerimise – puhul. Mõlemal tegevuse puhul anti isikukoodi väljale 10 juhugenereeritud 11-kohalist arvu, millest ükski polnud kasutatavuse testide ajal sisse kantud kasutajate isikukoodide hulgas.

Kasutatavuse testid viidi autori poolt läbi 16.05.2017. Reaalset kasutuskogemust testiti „Nutilahenduste praktikumi“ (LOTI.05.060) praktikumis ning „Arvuti riistvara ja arhitektuur II“ (LOFY.03.012) loengus. Mõlemad registreerimissessioonid toimusid Tartu Ülikooli W.Ostwaldi 1 õppehoones (Physicum). Nutilahenduste praktikum toimus ruumis B121, Arvuti riistvara ja arhitektuur II loeng ruumis B103. Kõik testides osalenud üliõpilased andsid kirjaliku nõusoleku oma isikuandmete käitlemiseks antud testide läbiviimise jaoks.

5.3. Testimise tulemused

Koormustesti jooksul registreeriti 16 749 kirjet, andes keskmiseks registreerimisele kulunud ajaks 1,21 sekundit. Testi käigus jäi protsessori temperatuur vahemikku 43 kuni 64 °C, ruumi temperatuur oli keskmiselt 26°C. Protsessori töökoormus jäi vahemikku 2% kuni 20% protsessori maksimumist, mälukasutus vahemikku 100 MB kuni 125 MB. Koormustesti käigus esines viiel korral kiipkaardi lugemisel katkestus, mille lahendamiseks pidi kas rakenduse või seadme taaskäivitama. Keskmise voolutarve testi jooksul oli 0,995 amprit.

Sisendivigade testis ei salvestunud andmebaasi ühtegi vigase sisendiga kirjet. Vigased kirjed jõudsid andmebaasini, kuid salvestatud kasutajate isikukoodide vastu kontrollides praagiti kõik vigased kirjed välja.

„Nutilahenduse praktikumis“ registreeriti 9 õppuri osalemine. Neist neli kasutas registreerumiseks ID-kaarti, kaks kasutas kontaktivaba kaarti ning kolm registreeriti käsitsi. Registreerimisele kulus kokku 12 minutit, millest suure osa moodustas kasutajate küsimustele vastamine ning lahenduse selgitamine. Keskmisest registreerimisest ligi kaks korda kauem aega kulus ka igale käsitsi registreerimisele. Registreerimise käigus tekkis kaks dokumenteerimata käitumise olukorda. Mõlemal juhul oli tegu Internetiühenduse katkemisest tuleneva SSH-tunneli sulgumisega, mis tekitas häireid registreerimisprotsessis. Ühel juhul lahenes olukord SSH-tunneli taaskäivitamisega, teisel juhul osutus vajalikuks taaskäivitada registraatori rakendus.

„Arvuti riistvara ja arhitektuur II“ loengus registreeriti 11 õppuri osalemine. Neist 10 kasutas ID-kaarti ning 1 registreeriti käsitsi. Registreerimisele kulus kokku 7 minutit. Registreerimise käigus tekkis üks dokumenteerimata käitumise olukord, mille põhjustas kiipkaardilugeri draiveri viga. Olukord lahenes registraatori rakenduse taaskäivitusega.

5.4. Tulemuste analüüs ja järeldused

Jõudlustesti tulemused olid rahuldavad. Kõik mõõdetud näitajad jäid 3. peatükis püstitatud nõuete piiridesse.

Kasutatavuse testides mõõdetud keskmine registreerimisele kuluv aeg oli 63 sekundit, mis on autori arvates mugava kasutamise jaoks liiga pikk. Samas mõjutas keskmist ajakulu vajadus kasutajatele seadme kasutamist selgitada. Autor on veendunud, et sama testgrupiga testi korrates väheneks keskmine ajakulu oluliselt. Samuti on testide tulemustest näha, et suurem käsitsi registreerumiste hulk suurendab keskmist ajakulu. Seega väheneks registreerumisele kuluv aeg veelgi, kui suuremal hulgal registreerujatel on kaasas kiiremat registreerimist võimaldav kiip- või kontaktivaba kaart.

Sisendivigade testi tulemusena sai kinnitust andmebaasi vastupidavus vigastele kasutajasisenditele. Autori hinnangul on lahenduse laiema kasutusele võtmise korral vajalik lisada kohalik kontrollfunktsioon sisestatud koodi vastavuse kohta EVS 585:2007 standardile. Mainitud standard käsitleb isikukoodi koostist ning struktuuri [25]. Selline kontrollmehhanism võimaldab vältida vigaste sisestuste saatmist andmebaasi, vähendades andmebaasi koormust. Samuti võimaldab see kasutajat kiiresti sisestusvigadest teavitada.

Jõudlustesti ning kasutatavuse testide käigus esines vigu, mis vajasid kasutaja sekkumist. Vigu põhjustas kiipkaardilugeri draiveri seiskumine või Internetiühenduse katkestused. Sellest tulenevalt on autori hinnangul vajalik täiendavalt testida alternatiivsete draiverite ja kiipkaardilugeri toimimist ning muuta kiipkaardi lugemise protsessi nii, et väheneks registraatori rakenduse poolt kiipkaardilugerile esitatavate päringute hulk. Samuti on vajalik registraatorseadme tarkvaras paremini eraldada lokaalse andmelogi loomise ja registreerumisinfo andmebaasi edastamise funktsioonid. See aitab vältida rakenduse töö katkemist Internetiühenduse kvaliteedi langemisel. Internetiühenduse stabiilsuse tõstmiseks võib seadmele lisada korpuse sisese, suurema tundlikkusega WiFi antenni.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli elektroonilise õppetöös osalemise registreerimise süsteemi välja töötamine, mis võimaldaks õppetöös osalemise registreerimisest jätta välja paberkandjal nimekirjad.

Töö käigus valmis lahenduse prototüüp, mis koosneb kaasaskantavast registraatorseadmest, seda toetavast andmebaasist ning kogutud andmete kuvamist ja töötlemist võimaldavast veebiliidesest. Lisaks läbis süsteem esmased testid jõudluse, kasutatavuse ja veakindluse analüüsimiseks.

Kuigi esmaste testide jooksul selgusid mitmed arendusvajadused, täideti töö alguses seatud eesmärk ning loodi kõigile algsetele nõuetele vastav elektroonilise osalusregistratsiooni süsteem. Valminud süsteemi edasiarendus keskendub testimisel esinenud vigade parandamisele, süsteemi integreerimisele Tartu Ülikooli õppeinfosüsteemiga ning kasutusmugavuse parandamisele. Kasutajaliidese ning andmebaasi mõningase ümberdisainimise järel saab süsteemi kasutada ka väljaspool õppeasutusi, osalejate registreerimiseks erinevatel üritustel.

Lahenduse omahind kujunes sarnaseks odavamate turul olevate seadmetega, kuid omahinda on võimalik alternatiivseid komponente kasutades oluliselt vähendada (Lisa 3).

Tänuavaldused

Autor soovib tänada Ingrid Kaasikut ning Siim Neljandikku nende abi eest lahenduse andmebaasi ja veebiliidese loomise juures.

Samuti soovib autor tänada kõiki kasutatavuse testides osalenud Tartu Ülikooli tudengeid.

Viited

- [1] „e-Teatmik: IT ja sidetehnika seletav sõnaraamat,“ [Võrgumaterjal]. <http://www.vallaste.ee/>. [Kasutatud 16 04 2017].
- [2] USB Implementers Forum, „Device Class Definition for Human Interface Devices (HID),“ [Võrgumaterjal]. http://www.usb.org/developers/hidpage/HID1_11.pdf. [Kasutatud 24 04 2017].
- [3] S. Baker, „Panel Technologies,“ 17 03 2015. [Võrgumaterjal]. http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm. [Kasutatud 15 05 2017].
- [4] International Organization for Standardization, „ISO/IEC JTC 1 — Information Technology,“ [Võrgumaterjal]. <https://www.iso.org/isoiec-jtc-1.html>. [Kasutatud 14 05 2017].
- [5] Eesti Standardikeskus MTÜ, „KKK,“ [Võrgumaterjal]. <https://www.evs.ee/StandardidjaEL/KKK/tabid/92/Default.aspx>. [Kasutatud 16 05 2017].
- [6] T. J. Zhi, Z. Ibrahim ja H. Aris, „Effective and efficient attendance tracking system using secret code,“ %1 *Information Technology and Multimedia (ICIMU), 2014 International Conference*, Putrajaya, 2014.
- [7] A. Batanov [Personaalne kommunikatsioon e-kirja teel]. 24 04 2017.
- [8] BioStore Ltd., „Cashless Catering & Attendance Solutions,“ [Võrgumaterjal]. <https://www.fastrak.co.uk/solutions/>. [Kasutatud 24 04 2017].
- [9] Jolly Technologies Inc., „Products,“ [Võrgumaterjal]. <http://www.jollytech.com/products/index.php>. [Kasutatud 24 04 2017].
- [10] MyAttendanceTracker, „MyAttendanceTracker - Free Attendance Tracking Software,“ [Võrgumaterjal]. <https://www.myattendancetracker.com/about>. [Kasutatud 24 04 2017].

- [11] Alibaba Group, „Attendance android,“ [Vörgumaterjal].
https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=attendance+android. [Kasutatud 13 05 2017].
- [12] Alibaba Group, „Attendance handheld,“ [Vörgumaterjal].
https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=attendance+handheld. [Kasutatud 13 05 2017].
- [13] Alibaba Group, „Attendance tracker,“ [Vörgumaterjal].
https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=attendance+tracker. [Kasutatud 13 05 2017].
- [14] Raspberry Pi Foundation, „Raspberry Pi documentation,“ [Vörgumaterjal].
<https://www.raspberrypi.org/documentation/>. [Kasutatud 17 04 2017].
- [15] HID Global, „Omnikey 3021 USB reader datasheet,“ [Vörgumaterjal].
https://www.hidglobal.com/sites/default/files/resource_files/omnikey-3021-usb-reader-ds-en.pdf. [Kasutatud 24 04 2017].
- [16] Shenzhen Chafon Technology Co.,Ltd., „IC card reader with multiple output format CF-RS105,“ [Vörgumaterjal]. <http://www.chafon.com/productdetails.aspx?pid=493>. [Kasutatud 23 04 2017].
- [17] Waveshare, „3.5inch RPi LCD (A), 320x480,“ [Vörgumaterjal].
<http://www.waveshare.com/product/3.5inch-rpi-lcd-a.htm>. [Kasutatud 24 04 2017].
- [18] MiniWalker, „MiniWalker PB-5600,“ [Vörgumaterjal].
<http://www.miniwalker.com.tw/admin/product/front/index3.php?upid=43&upid2=&id=49>. [Kasutatud 24 04 2017].
- [19] J. Hoogland, „JeffHoogland/pyxhook: pyxhook is a library that allows you to listen for keyboard events on Linux,“ [Vörgumaterjal]. <https://github.com/JeffHoogland/pyxhook>. [Kasutatud 14 05 2017].

- [20] „PyMySQL/PyMySQL: Pure Python MySQL Client,” [Võrgumaterjal].
<https://github.com/PyMySQL/PyMySQL>. [Kasutatud 13 05 2017].
- [21] Python Software Foundation, „TkInter - Python Wiki,” [Võrgumaterjal].
<https://wiki.python.org/moin/TkInter>. [Kasutatud 14 05 2017].
- [22] T. Sato, „xvkbd - virtual keyboard for X window system,” 12 09 2015. [Võrgumaterjal]. <http://t-sato.in.coocan.jp/xvkbd/index.html>. [Kasutatud 14 05 2017].
- [23] Riigikogu, „Isikut tõendavate dokumentide seadus,” 01 01 2000. [Võrgumaterjal].
<https://www.riigiteataja.ee/akt/122032017002?leiaKehtiv>. [Kasutatud 23 04 2017].
- [24] Eesti Standardikeskus MTÜ, „EVS 585:2007,” [Võrgumaterjal]. <https://www.evs.ee/tooted/evs-585-2007>. [Kasutatud 16 05 2017].
- [25] „Estonian eID (EstEID) - OpenSC/OpenSC Wiki,” [Võrgumaterjal].
[https://github.com/OpenSC/OpenSC/wiki/Estonian-eID-\(EstEID\)](https://github.com/OpenSC/OpenSC/wiki/Estonian-eID-(EstEID)). [Kasutatud 14 05 2017].
- [26] SK ID Solutions AS, „Isikuandmete faili lugemine ID-kaardilt,” [Võrgumaterjal].
<http://www.id.ee/?id=30265>. [Kasutatud 14 05 2017].
- [27] Xunlong Software CO.,Limited, „Orange Pi,” [Võrgumaterjal].
<http://www.orangepi.org/index.html>. [Kasutatud 15 05 2017].

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Heikki Saul

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Elektrooniline õppetöös osalemise registreerimise süsteem“

mille juhendaja on Heiki Kasemägi

- a. Reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-i lisamise eesmärgil kuni autoriõiguste kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - b. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguste kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 15.05.2017

Lisa 1. Testitud kaartide võrdlustabel

Kaart	Töösagedus	Kasutatav standard ja kaardi-tehnoloogia	Ühilduvus registraatoriga	Lisainfo
Tallinna ja Harjumaa Ühiskaart	13,56 MHz	ISO/IEC 14443-3A NXP MIFARE® Classic 1K (S50)	Ühilduv	
Tartu bussikaart	13,56 MHz	ISO/IEC 14443-3A NXP MIFARE® Ultralight C	Ühilduv	
Elroni sõidukaart	13,56 MHz	ISO/IEC 14443-4 NXP MIFARE® DESfire (EV1)	Ühilduv	
Swedbank ISIC pangakaart	13,56 MHz	ISO/IEC 14443-4 NXP MIFARE® Classic 1K (S50) Java Card	Mitteühilduv	Põhineb ISO/IEC 14443-4 standardil, kuid kasutab lisatud turvameetmeid, mis muudavad kasutatava lugeriga mitteühilduvaks.
Tartu Ülikooli töötõend	125 kHz	HID Global Indala®	Mitteühilduv	Töötab varel sagedusel. Kasutab kinnist Indala® sideprotokolli, mis ei ühildu täielikult avatud EM4100 protokolliga.
Tartu Ülikooli läbipääsukaart	125 kHz	HID Global Indala®	Mitteühilduv	Töötab varel sagedusel. Kasutab kinnist Indala® sideprotokolli, mis ei ühildu täielikult avatud EM4100 protokolliga.

Lisa 2. Kontaktivabade kaartide lugerite võrdlus

Luger	Chafon CF-RS105	Chafon CF-RS103	RFIdeas pcProx Indala ¹
Töösagedus	13,56 MHz	125 kHz	125 kHz
Loetavad kaardid	NXP MIFARE Classic, Ultralight, DESfire, F1108, NTAG 203, 213, 215, 216 ja ühilduvad kaardid	EM4100, 4200, 4305, TK ja ühilduvad kaardid	HID Global Indala FlexSecur®
Side	USB (klaviatuuri emuleerimine)	USB (klaviatuuri emuleerimine)	USB (klaviatuuri emuleerimine)
Hind ²	~17,70 EUR	~17,80 EUR	~165 EUR

¹ RFIdeas pcProx on üldnimetus erinevaid tehnoloogiaid ja sidelahendusi kasutavatele lugeritele. Siin toodud variant on mõeldud HID Global Indala kaartide lugemiseks ning kasutab USB ühendust.

² Hinnad eurodes on arvutatud Euroopa Keskpanka kurssidega 09.05.17 seisuga. Originaalhinnad lehelt Amazon.com

Lisa 3. Registraatorseadme omahind ja alternatiivid

	Prototüüpseade	Prototüüpseadme koopia maksumus 20 ühiku korral	Sarnase funktsionaalsusega soodsam alternatiiv
Arvuti	Raspberry Pi 3 Model B 32,79€ (Farnell)	Raspberry Pi 3 Model B 32,29€ (Farnell)	OrangePi Lite 10,77€ ¹ (Aliexpress)
WiFi	sisseehitatud	sisseehitatud	sisseehitatud, koos lisaantenniga
Ekraan	Waveshare 3,5-tolline RPi LCD (A) 22,40€ (Waveshare)	Waveshare 3,5-tolline RPi LCD (A) 18,85€ (Waveshare)	3,5 tolline TFT LCD moodul Raspberry Pi Model B versioonidele 10,05€ (Aliexpress)
Kiipkaardiluger	Omnikey 1021 14€ (Hinnavaatlus)	Omnikey 1021 14€ (Hinnavaatlus)	Zoweetek 12026-1 7,63€ (Aliexpress)
Kontaktivaba kaardi luger	Chafon CF-RS105 17,70€ (Amazon.co.uk)	Chafon CF-RS105 17,70€ (Amazon.co.uk)	Chafon CF-RS105 firmamärgita koopia 8,35€ (eBay)
Korpus	Laserlõigatud pleksiklaas ~30€	Laserlõigatud pleksiklaas ~30€	Laserlõigatud pleksiklaas ~30€
Akupank	MiniWalker PB-5600 15€ (Hansapost)	MiniWalker PB-5600 15€ (Hansapost)	HOISAN SPR-501 9,30€ (Amazon.co.uk)
SUMMA²	~132€	~128€	~76€

¹ Hinnad eurodes on arvatud Euroopa Keskpanga kurssidega 17.05.2017 seisuga.

² Kõik hinnad on arvatud ilma maksudeta ja transpordikuluta